Embaixada Britânica Brasília

GREAT BRITAIN

PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Eletrobras

CBCS

mitsidi PROJETOS

Guia

Diagnóstico energético em edificações

Guia
Diagnóstico energético em edificações

São Paulo SP

Abril 2016

Sumário

Introdução **4**
Por que realizar um diagnóstico energético? 4
O termo “Diagnóstico Energético” 4
Programa de gestão energética **5**
Conceitos gerais 5
ISO 50.001 5
Inserção de diagnóstico em programas de gestão de energia 6
Contratação **7**
Qualificações de um auditor 7
Quando contratar um consultor externo 8
Escopo de trabalho **9**
Níveis da ASHRAE 9
Definindo o escopo 10
Procedimentos **11**
Planejamento e Coleta de Dados 11
Visita técnica 13
Análise 14
Relatório e Apresentação 15
Medidas de Eficiência Energética **16**
Identificação de medidas 16
Medidas comuns 17
Avaliação técnica 17
Avaliação financeira 19
Satisfação de usuários **20**
Relatório de diagnóstico energético **21**
Desafios **23**
Recursos disponíveis **25**
Softwares 25
Benchmarking 25
Referências principais 26

Introdução

Este Guia de Diagnósticos Energéticos em Edifícios tem por objetivo auxiliar todas as partes interessadas na eficiência energética de prédios a atingirem os seus objetivos, através da elucidação e padronização das melhores práticas na realização de diagnósticos.

O guia pode ser utilizado tanto por profissionais que podem ser beneficiados por diagnósticos energéticos – gestores prediais, proprietários e ocupantes de edifícios comerciais e públicos – quanto por aqueles que os realizam – auditores e consultores especializados.

O documento descreve todas as etapas de um diagnóstico energético, padronizando a linguagem e os procedimentos, e traz informações para facilitar o entendimento entre os envolvidos e a contratação desse tipo de serviço.

Por que realizar um diagnóstico energético?

Existem diversas motivações que levam um proprietário, ocupante ou gestor predial a solicitar um diagnóstico energético em seu edifício. Em outras palavras, o diagnóstico pode ser útil para muitas finalidades, dentre elas:

- Redução de consumo em um edifício
- Parte de um programa de gestão energética predial de um edifício
- Parte de um programa de gestão energética amplo com vários edifícios (política empresa)
- Melhoria da imagem do edifício no mercado para atrair mais locatários e compradores
- Redução de custos para a empresa ocupante
- Redução de impactos ambientais negativos

O termo "Diagnóstico Energético"

O termo *diagnóstico energético*, também amplamente conhecido como *auditoria energética*, *revisão energética*, *avaliação de eficiência energética* e outros nomes semelhantes, refere-se, neste guia, à análise técnica, sistemática e holística de um edifício a fim de identificar medidas para melhorar o seu desempenho energético. Neste documento, será utilizado primordialmente o primeiro termo, embora os outros também possam aparecer sem distinção de significado.

Este documento optou por utilizar o termo *diagnóstico energético* ao invés de *auditoria energética* para evitar a conotação negativa associada à palavra *auditoria*, visto que o diagnóstico não objetiva avaliar o trabalho do gestor predial e encontrar não-conformidades, mas, ao contrário, trabalhar junto com ele e sua equipe para encontrar soluções conjuntas em benefício do edifício.

Entendemos ainda que a melhora do desempenho energético significa redução de consumo de energia, no entanto sem diminuir a qualidade dos serviços prestados pelo edifício aos seus usuários. Portanto, o termo *diagnóstico energético* está sendo usado para incluir não apenas a avaliação dos fatores que afetam o uso da energia, mas também um olhar sobre a satisfação dos usuários do prédio, com atenção especial ao conforto térmico. Ao longo do guia, a expressão "redução de consumo" pressupõe a manutenção ou melhora dos níveis de conforto.

Programa de gestão energética

Conceitos gerais

O primeiro passo para otimizar o consumo de energia de um edifício, antes mesmo de planejar um diagnóstico energético, é implantar um bom programa de gestão energética.

Tal programa visa estabelecer um conhecimento global sobre o uso e consumo de energia, permitindo a otimização contínua de seu desempenho com base em sistemas e processos padronizados e no monitoramento de indicadores estratégicos.

Existem normas e sistemas de gestão que podem ser utilizados como referência. A mais conhecida é a norma **ABNT NBR ISO 50.001: Sistemas de gestão da energia**.

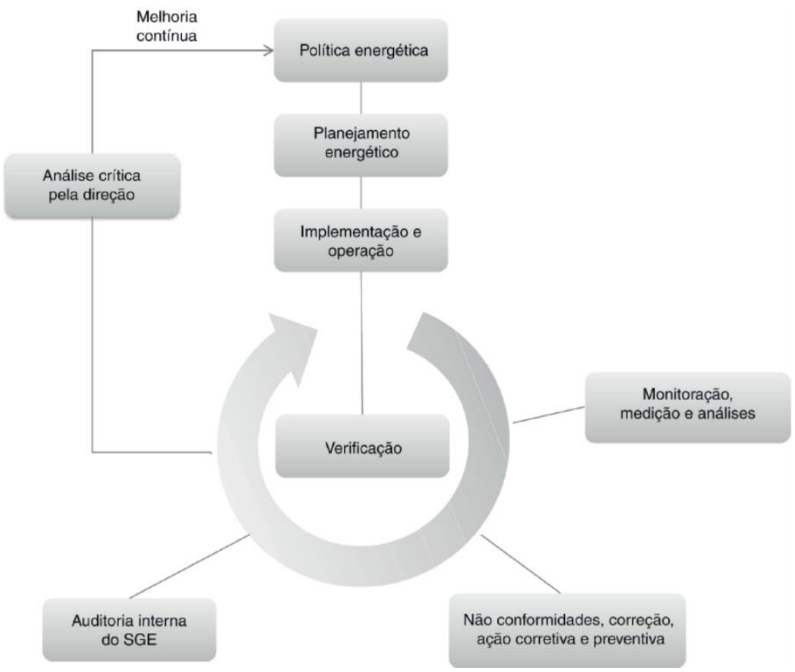


Figura 1. Modelo de sistema de gestão. da norma ISO 50.001.
Fonte: ABNT NBR ISO 50.001.

ISO 50.001

Empresas que desejam implantar um programa de gestão energética podem se guiar pela norma **ISO 50.001**: Sistemas de gestão de energia. Os princípios gerais da norma estão resumidos abaixo.

Primeiro, a norma estabelece a **responsabilidade da direção** da empresa para garantir o bom funcionamento do sistema. Em seguida, há orientações sobre a criação de uma **política energética** compreensiva, seguida de um **planejamento energético** detalhado que norteia a **implementação e operação** do programa de gestão. A norma descreve os processos pelos quais os resultados são constantemente avaliados com base em monitoramento, medição e análise na fase de **verificação**, que gera as informações necessárias para que seja feita a **análise crítica pela direção**, garantindo a melhoria contínua do sistema.

Inserção de diagnóstico em programas de gestão de energia

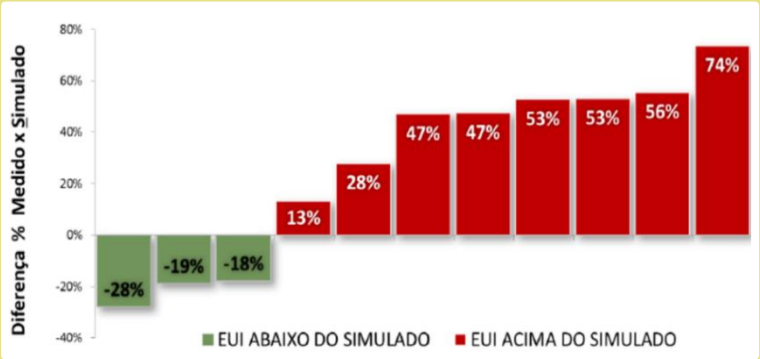
A fase de **planejamento energético** requer uma análise completa do uso e consumo de energia da empresa ou edifício. Isso é feito através de um **diagnóstico energético**, identificando as áreas de uso significativo a fim de identificar oportunidades para melhora do desempenho energético.

Portanto, o diagnóstico é parte integrante do programa de gestão, como ferramenta essencial para compreensão e planejamento de ações.

O diagnóstico deve levar em consideração os parâmetros e os objetivos definidos na política energética, tais como retorno financeiro mínimo aceitável pela direção para implementação de medidas ou informações sobre reformas planejadas no edifício. Os seus resultados devem gerar uma compreensão do perfil de consumo existente, habilitando os responsáveis a serem capazes de traçar uma linha de base que permitirá calcular futuras economias, estabelecer metas de consumo e criar um plano de ação para implantação ou estudo detalhado de medidas de eficiência energética.

A norma **ABNT NBR ISO 50.002: Diagnósticos energéticos** foi criada para orientar especificamente a realização dos diagnósticos, e pode ser consultada como referência. O propósito da norma é "definir o conjunto mínimo de requisitos que levem à identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho energético".

O desempenho real dos edifícios pode ser muito diferente do que a projeção feita durante a fase de projetos. Pesquisas no Reino Unido, Nova York e Brasil chegaram a resultados parecidos. No Brasil, 11 edifícios com certificação LEED® foram avaliados. Desses, 8 consomem mais na vida real do que fora projetado. O diagnóstico energético é uma ferramenta para reduzir esse consumo real.



Fonte: Oliveira, W. LEED previsto x LEED realizado: o desafio da performance. Conferência GreenBuilding Brasil, São Paulo, 2014. OBS: EUI = Energy Use Intensity *= Consumo específico anual do edifício, em kWh/(m².ano).*

Contratação

Às vezes, um diagnóstico energético pode ser executado pela equipe de gestão, operação e manutenção do edifício. Contudo, frequentemente é necessário contratar um consultor externo especializado. É importante que o gestor predial conheça as qualificações recomendadas de um auditor, para que tome a melhor decisão e, caso opte pela contratação, possa assegurar um serviço de qualidade. (Os termos *consultor* e *auditor* são usados como sinônimos no guia).

Qualificações de um auditor

Na seleção de um auditor para realizar o diagnóstico, recomenda-se levar em consideração os seguintes fatores.

Independência. O consultor tem ligação com algum fornecedor de produto ou de energia? Recebe comissão por indicação de fornecedores? É importante saber para quem ele trabalha e quais são as suas parcerias comerciais.

Experiência e reconhecimento. O consultor e sua empresa possuem experiências prévias e referências recentes que demonstrem a qualidade reconhecida de seu trabalho? As experiências podem ser nesse tipo de projeto ou em trabalhos parecidos.

Formação técnica adequada. O consultor tem formação técnica e conhecimento em áreas relacionadas ao uso de energia em edificações? Possui título de pós-graduação? Ministra capacitações na área? Como o diagnóstico é multidisciplinar, há consultores de qualidade de diversas áreas de formação, tais como engenharias variadas e arquitetura. Os demais fatores citados também ajudam a dar credibilidade a um bom auditor.

Transparência e metodologia. Pergunte ao consultor quais são as metodologias utilizadas para calcular o potencial estimado de economias das medidas propostas. Os cálculos devem ser transparentes e rastreáveis. Descubra também se ele segue alguma norma ou método para a realização do diagnóstico.

Conhecimento de requisitos legais apropriados. O consultor deve conhecer as normas e legislações aplicáveis ao serviço que presta.

Familiaridade com os usos de energia. Converse com o consultor sobre os sistemas energéticos do seu edifício; perceba se ele tem familiaridade com o funcionamento.

Equipe multidisciplinar. O consultor trabalha sozinho ou com uma equipe de especialistas em diferentes disciplinas? Embora um consultor individual possa ter excelente qualidade, uma equipe ajuda a assegurar uma riqueza maior na identificação de melhorias. Porém, nesses casos é importante definir um consultor-líder para ser o contato principal.

Recursos. O consultor tem capacidade de realizar a auditoria no prazo?

Custo. O custo deve ser competitivo, seja por preço fixo ou vinculado a performance. É preciso estabelecer em detalhe como serão aferidas as economias obtidas.

Quando contratar um consultor externo

Para edifícios com baixo custo mensal de energia, é mais difícil justificar a despesa de contratar um diagnóstico energético externo. Nesse caso, pode ser mais interessante realizar o diagnóstico internamente e procurar fornecedores de equipamentos para dar assistência em áreas pontuais identificadas como prioritárias.

Para edifícios com custo energético mensal mais elevado, a realização de um diagnóstico simplificado com equipe interna também pode ser interessante para sair da rotina quotidiana de operação e manutenção, estimular a análise crítica e aprofundar o autoconhecimento sobre o uso de energia no prédio. Além disso, fornecerá mais informações que ajudarão a decidir se há necessidade de contratar um consultor externo para um diagnóstico mais detalhado.

Alguns casos nos quais é recomendável contratar um consultor externo para edifícios com custo energético mensal mais elevado são os seguintes: se o custo de energia é considerado um fator relevante nos custos do edifício; se já foram implantadas medidas de eficiência energética no passado, mas o custo continua alto; se a equipe predial tem pouca experiência em eficiência energética; se não há gestor predial dedicado ao acompanhamento energético; se o prédio possui sistemas complexos; se houve um diagnóstico interno que apontou a necessidade de se aprofundar o estudo.

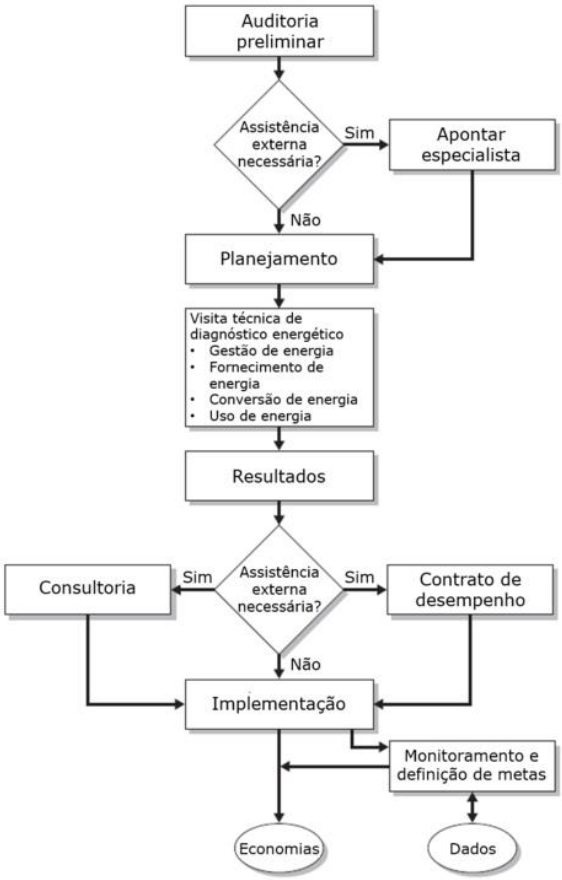


Figura 2. Processo de auditoria energética, desde a decisão sobre a contratação de auditor externo. Fonte: CIBSE Guide F: Energy Efficiency in Buildings. Terceira edição, 2012.

Escopo de trabalho

Um diagnóstico energético pode ter diferentes níveis de profundidade e detalhamento. É importante definir o nível e escopo do diagnóstico no momento da contratação.

É comum categorizar o escopo em três níveis: análise preliminar ("*walk-through survey*"), análise detalhada ou análise minuciosa focada na análise de investimentos específicos.

Níveis da ASHRAE

A definição mais aceita dos três níveis de diagnósticos energéticos é da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers*), que estabelece um escopo claro para cada nível.

NÍVEL 1

Análise preliminar / *walk-through*

- ☐ **Breve levantamento** da edificação
- ☐ **Reunião com proprietário** para levantar problemas especiais e previsões de reforma
- ☐ Análise da **função espacial** dos ambientes
- ☐ Estimativa da redução de consumo com medidas **sem custo ou de baixo custo**
- ☐ Identificação de medidas de eficiência que requerem estudos adicionais e estimar a redução no consumo e nos custos

NÍVEL 2

Análise energética

- ☐ Descrever e analisar os principais **sistemas consumidores** de energia
- ☐ Descriminar **o consumo de energia por uso final**
- ☐ Rever plantas e verificar as **práticas de Operação e Manutenção** (O&M)
- ☐ Rever os problemas de O&M existentes e o planejamento de reformas
- ☐ **Medir** os parâmetros operacionais chave e comparar com os níveis adotados em projeto
- ☐ Listar alterações em **equipamentos e O&M** com potencial para reduzir o consumo
- ☐ Criar pacotes integrados de medidas de eficiência com **avaliação do potencial conjunto** das medidas
- ☐ Para cada medida, avaliar o **potencial de redução nos custos de energia**, bem como no indicador de consumo da edificação
- ☐ Estimar o **custo de implantação** de cada medida de eficiência
- ☐ Estimar o impacto de cada medida nos **custos operacionais**, de manutenção e custos não relacionados a energia
- ☐ Estimar o potencial de redução combinado para os pacotes de medidas e **comparar com as estimativas do Nível 1**
- ☐ Preparar uma **avaliação financeira** do investimento total, de acordo com as expectativas de retorno do proprietário
- ☐ **Selecionar** com o proprietário medidas que deverão ser analisadas mais detalhadamente no **Nível 3**

NÍVEL 3

Análise detalhada de medidas de alto custo de investimento

- ☐ Expandir a descrição das **medidas que exigem maior detalhamento**
- ☐ Avaliar métodos de **medição** e realizar monitoramento conforme necessidade
- ☐ Realizar **modelagem** precisa das medidas propostas
- ☐ Preparar **esboço esquemático** de cada medida
- ☐ Estimar custo benefício de cada medida, utilizando a Análise de Custo de Ciclo de Vida (do inglês **LCAA**)
- ☐ Reunião com proprietário para discussão dos resultados

Definindo o escopo

O contratante do serviço de diagnóstico energético deve conhecer os níveis de diagnóstico e definir o escopo desejado para atingir os seus objetivos. É importante definir, antes da contratação, os fatores seguintes:

Nível de detalhe. Usando definições da ASHRAE ou outra acordada com o consultor.

Usos finais de energia a serem incluídos na análise. Há usos atípicos que serão excluídos do estudo?

Fronteiras do diagnóstico. Qual ou quais prédios? Qual ou quais áreas?

Prazo do trabalho. Deve ser acordado o tempo de duração do diagnóstico e o prazo para entrega.

Custo do serviço e forma de cobrança. Fixo ou por desempenho? Pagamento único ou mensal?

Envolvimento de expertise interno. Será necessário envolver profissionais da equipe do edifício? Eles estarão disponíveis?

Continuidade do trabalho. A contratação incluirá o apoio posterior na implementação e execução das medidas sugeridas? Ou isso ficará a cargo da contratante em etapa futura?

Procedimentos

A realização de um diagnóstico energético deve ser sistemática, seguindo etapas claras e objetivas. O fluxograma abaixo resume as etapas de um diagnóstico.

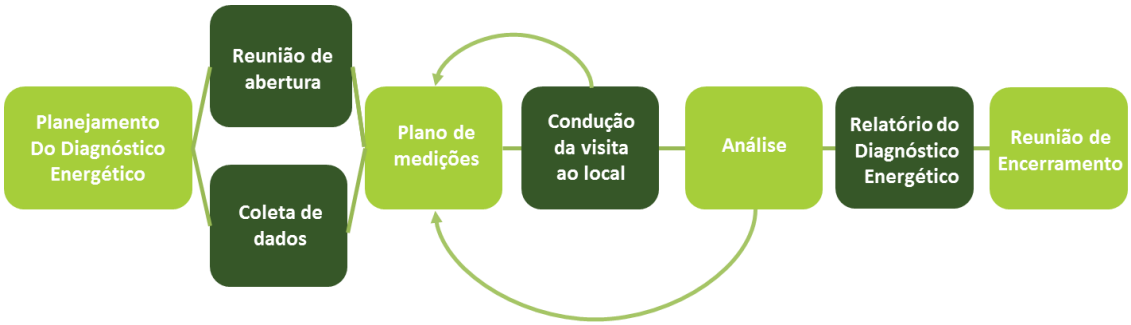


Figura 3. Fluxograma do processo de diagnóstico energético. Fonte das informações: ISO 50.002. Fonte da imagem: Mitsidi Projetos.

Planejamento e Coleta de Dados

Identificação dos objetivos

O planejamento do diagnóstico começa com uma reunião entre o cliente e o auditor a fim de identificar os objetivos do trabalho. Nessa reunião, são abordados aspectos sobre o histórico do edifício, ações de eficiência energética já realizadas, planejamento de reformas a serem feitas no futuro, expectativas do trabalho, metas específicas, e critérios econômicos utilizados para tomada de decisões de investimento.

Levantamento preliminar de dados

O auditor deve solicitar e analisar todos os dados possíveis antes da primeira visita técnica ao local, a fim de otimizar a visita com base em informações prévias. Exemplos de dados que devem ser levantados remotamente:

- Dados de consumo de energia de no mínimo 12 meses
- Fatura de eletricidade (no mínimo 1)
- Quadro de áreas, incluindo área útil, área de escritórios e área de estacionamentos
- Layout básico do edifício, número de andares e de elevadores
- Plantas de arquitetura, ar condicionado e iluminação
- Usos principais e secundários do edifício
- Número de ocupantes, taxa de ocupação e perfil dos ocupantes
- Compreensão inicial dos sistemas de ar condicionado e ventilação
- Caso estejam disponíveis: dados de medições já realizadas, curvas de carga, perfis de consumo

Um checklist pode ser utilizado para controlar a obtenção da documentação solicitada.

Benchmarking

Com a posse dos dados iniciais do edifício, é recomendável realizar o benchmarking do edifício para entender o seu potencial de redução de consumo com base no mercado brasileiro.

O benchmarking energético de edificações pode ser realizado gratuitamente através do link benchmarkingenergia.cbcs.org.br, e atualmente (abril 2016) está disponível para edifícios corporativos e agências bancárias, com previsão de expandir para outros tipos de edifícios.

Além dos dados iniciais acima, é necessário conhecer o consumo anual de CPDs ou Data Centers e de outras cargas especiais, como cozinhas e laboratórios.

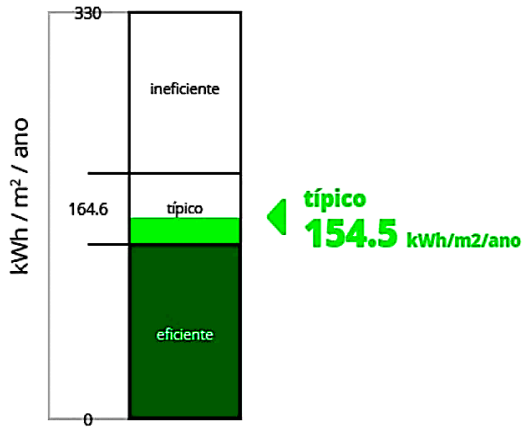


Figura 4. Exemplo de benchmarking. Fonte: benchmarkingenergia.cbcs.org.br

O benchmarking classifica o prédio com base num referencial de mercado, mostrando se ele está ineficiente, eficiente ou muito eficiente em comparação com um edifício com as mesmas características que ele, aplicando práticas consideradas típicas ou melhores práticas.

Seleção de edifícios

Caso o interessado no diagnóstico energético seja responsável por mais de um edifício, é importante haver uma etapa de avaliação de dados gerais dos edifícios para selecionar qual ou quais devem receber diagnósticos energéticos completos. O benchmarking é uma ferramenta que pode ser utilizada nesse sentido.

Plano de medição

Às vezes, com base na reunião inicial e nos dados preliminares, é possível definir a necessidade de realizar medições pontuais ou prolongadas em determinados sistemas e equipamentos do edifício. O plano de medição deverá ser aprimorado durante e após a realização da visita técnica.

Planejamento da visita técnica

O auditor deve estudar o edifício previamente, conhecer o layout e os sistemas gerais, e planejar a visita pelo edifício, identificando os locais que devem ser visitados. O agendamento deve ser feito previamente, solicitando a presença do gestor do edifício bem como pessoas chave na sua equipe de manutenção. O auditor deve informar a duração da visita e a quantidade de pessoas que o acompanharão. Para edifícios corporativos típicos, a duração média da visita técnica é de um a dois dias.

Visita técnica

A visita ao edifício é a ocasião em que é obtida a maior parte das informações necessárias para a investigação energética. Portanto, ela deve ser otimizada. É boa prática utilizar um checklist com todos os locais a serem visitados e todas as informações a serem obtidas durante a visita.

Materiais

O auditor deve levar consigo os materiais de que pode precisar durante a visita. Exemplos de materiais que podem ser usados:

- Máquina fotográfica (essencial)
- Caderno e caneta (essencial)
- Checklist de locais a visitar e informações a obter na visita (essencial)
- Equipamentos de medição pontual, tais como:
    - Alicate-amperímetro
    - Equipamentos de medição portáteis
    - Transformadores de corrente (TCs)
    - *Data-loggers*
    - Sensores de temperatura e/ou umidade
    - Luxímetro
    - Anemômetro

Reunião com responsáveis

A visita começa com uma reunião entre a equipe de consultores e a equipe de gestão do edifício. Neste momento, são colhidas informações sobre a operação do edifício no dia-a-dia. O auditor deve perguntar sobre o funcionamento detalhado de todos os sistemas do edifício, seus horários de operação e os responsáveis pela sua operação. É importante conversar sobre os procedimentos de manutenção, segurança e limpeza; os hábitos dos funcionários; os perfis dos ocupantes ou locatários; e as dificuldades encontradas pela equipe de gestão. Esta é também a oportunidade para aprender sobre problemas que ocorrem no edifício, que podem ser dicas para a identificação de melhorias.

Investigação técnica das instalações prediais

O objetivo da visita pelo prédio é investigar os fatores que afetam o desempenho de todos os sistemas consumidores de energia do edifício. Em edifícios corporativos, os principais sistemas geralmente são os seguintes:

- Ar condicionado e ventilação
- Iluminação
- Cargas de tomada nos escritórios
- Data Centers ou centrais de processamento de dados (CPDs)
- Elevadores
- Bombas de água

O primeiro local a ser visitado, quando existir, é a central de monitoramento e automação do edifício, conhecido como BMS (*Building Management System*), que controla a maioria dos sistemas principais. Deve-se verificar a operação do BMS e os principais *setpoints* utilizados. Se possível, devem ser extraídos dados históricos (*trends*) sobre operação dos sistemas.

Todos os sistemas centrais devem ser visitados, como Central de Água Gelada (CAG), casas de máquinas de ventilação e de elevadores e salas elétricas, por exemplo.

Deve-se selecionar junto ao gestor alguns pavimentos-tipo para visitar. Neles, é importante analisar detalhadamente a sala de máquinas de ar condicionado, e investigar aspectos como difusores e grelhas, sensores, iluminação, envoltória, estações de trabalho e computadores, equipamentos de uso coletivo, áreas de café e densidade de ocupação.

Medição

Ao longo da visita, o auditor deve identificar os pontos que requeiram medições pontuais ou prolongadas. Pode-se usar o alicate-amperímetro para obter dados de potência instantânea dos equipamentos, ou instalar um medidor portátil de energia com registrador de dados para coletar informações de consumo de equipamentos específicos ao longo dos dias de visita, ou deixá-lo medindo por um tempo maior, como uma semana.

Figura 5. Exemplo de medição de uma semana.

Medidas de eficiência energética (MEEs)

Durante a visita, o auditor deve fazer uma lista de todas as possíveis MEEs que pareçam interessantes, para serem analisadas posteriormente.

Análise

Todas as informações colhidas devem ser então analisadas, para avaliar o consumo histórico de energia, separação de consumo por usos finais, e curvas de carga com base nas medições feitas. Durante a análise, pode surgir a necessidade de pedir informações adicionais à equipe predial.

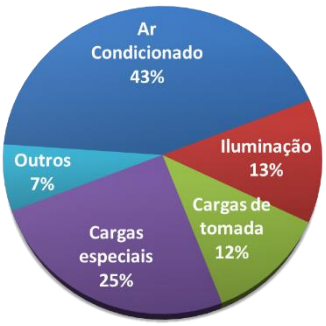


Figura 6. Usos finais num edifício de escritórios típico. Fonte: Mitsidi Projetos

As informações sobre a operação do edifício devem ser avaliadas para buscar soluções às dificuldades encontradas. Os dados de consumo instantâneo do edifício, se disponíveis, devem ser usados para determinar o consumo noturno e aos fins de semana, buscando oportunidades de melhoria.

A lista de MEEs criada durante a visita deve ser aprimorada e ajustada. Para cada medida, deve ser feita uma estimativa de custos de implantação e calculado o potencial de economia, determinando a viabilidade através de análises financeiras como payback, análise de ciclo de vida (ACV) ou taxa interna de retorno (TIR).

Relatório e Apresentação

Os resultados do diagnóstico energético devem ser compilados num relatório. Orientações específicas para o relatório estão mais adiante neste Guia.

É boa prática agendar uma reunião final entre o consultor e o responsável do edifício a fim de apresentar os resultados e as MEEs sugeridas, visando garantir que as medidas serão compreendidas e aumentar a probabilidade que as que forem consideradas viáveis poderão ser implementadas.

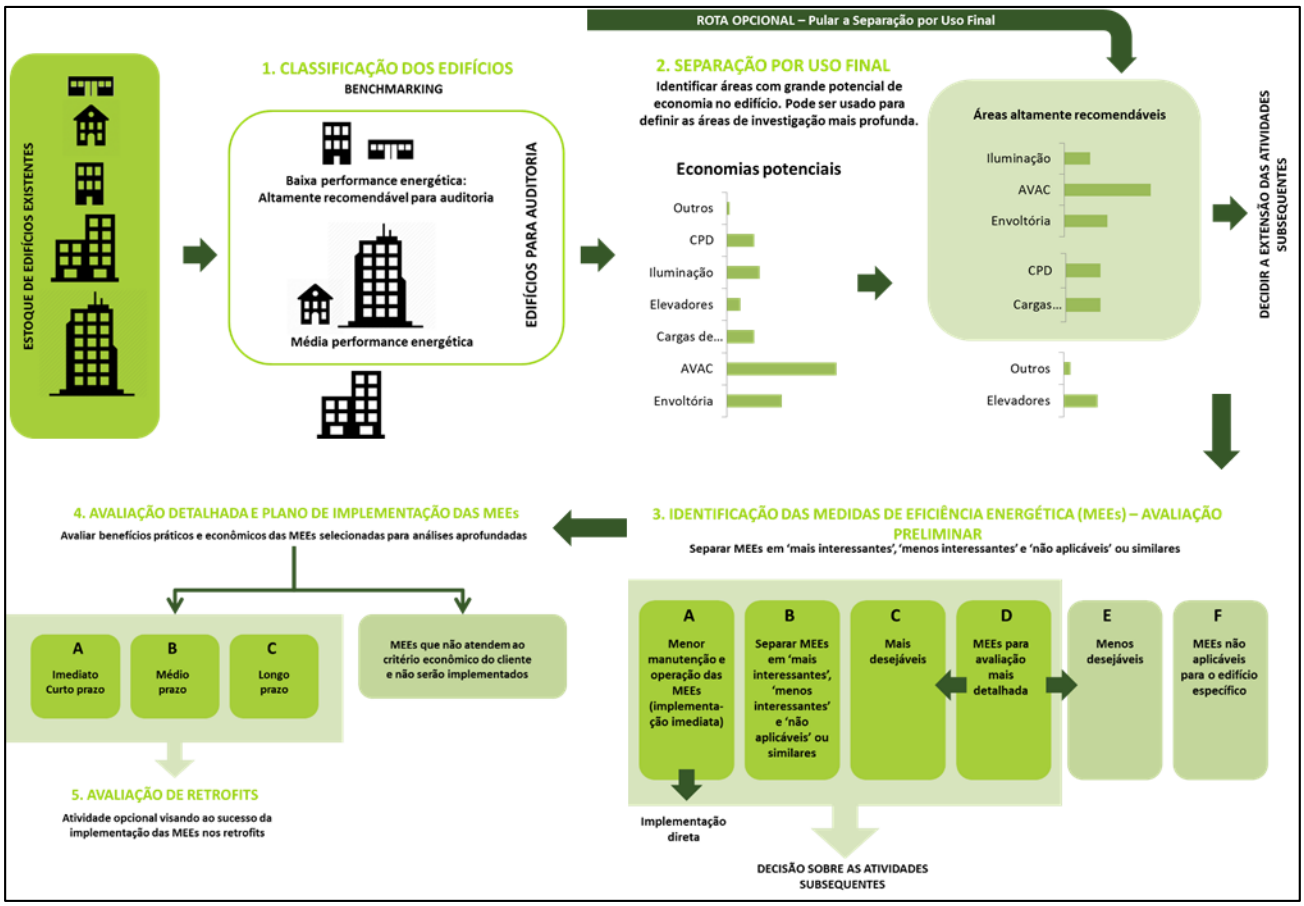


Figura 7. Diagrama de etapas do processo de diagnóstico. Elaborado pela Mitsidi Projetos com base em informações obtidas do IEA Energy Auditing Source Book, vol. 1 página 16.

Medidas de Eficiência Energética

Identificação de medidas

Durante a visita, devem ser levantadas todas as possíveis medidas de eficiência energética (MEEs) que pareçam potencialmente interessantes.

A Tabela 1 pode ser utilizada de referência sobre os diferentes tipos de medidas que podem ser investigadas. As primeiras três categorias são, em sua maioria, medidas sem custo que podem ser implementadas imediatamente pela equipe interna do edifício.

Na fase de análise, as medidas devem ser avaliadas com base em três fatores, comparando a situação existente com a situação futura considerando diferentes opções de medidas: custos de investimento, custos de manutenção e economias energéticas, conforme a Figura 8. Além disso, devem ser considerados ganhos imensuráveis, como melhorias de conforto, segurança ou conformidade à legislação, mesmo se não tiverem um retorno financeiro imediato ou claro.

Categorias de MEEs
Estratégia operacional
Gestão
Conscientização / Usuários
Fachada
Ar condicionado e ventilação
Ventilação Subsolos
Iluminação
Elétrico e tomadas
CPD
Cozinha e Vestiário
Outros

Tabela 1. Exemplos de categorias de MEEs.

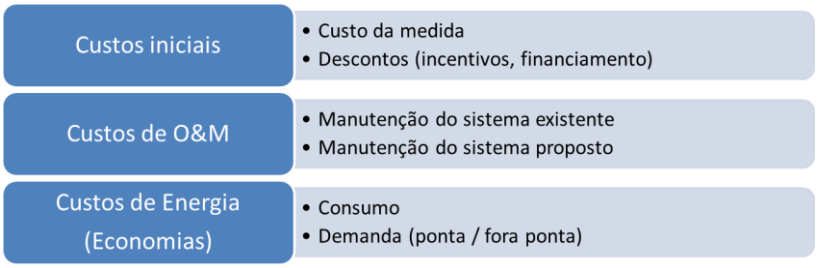


Figura 8. Fatores a considerar na análise de MEEs.

Os custos iniciais podem ser obtidos através de cotações com fornecedores. É boa prática manter um banco de dados atualizado de custos já levantados, sempre anotando a data da cotação. Deve-se levar em conta os custos de todos os materiais que compõem uma medida, e a mão de obra.

Os cálculos de economias devem considerar, sempre que aplicável, a redução de consumo de energia (em kWh) e a redução de potência (em kW), caso haja possibilidade de reduzir a demanda contratada do edifício. As economias financeiras devem utilizar tarifas atualizadas de acordo com o modelo tarifário do edifício, considerando horas de ponta e fora de ponta.

Medidas comuns

As medidas podem ser classificadas, de acordo com o seu custo de implementação, em medidas de zero e baixo custo, medidas de médio custo e medidas de investimento / alto custo.

Zero e Baixo Custo	▪ Medidas que podem ser feitas por pessoal interno ▪ Não há necessidade de Capex específico para o projeto ▪ São em geral medidas operacionais
Médio Custo	▪ Medidas que exigem a compra ou substituição de algum equipamento ▪ Estudos preliminares de *payback* para priorização ▪ Implantação geralmente simples
Investimento	▪ São as que necessitam de grande quantidade de investimento ▪ Precisam de estudos de *payback* e de risco ▪ Aproveitar "momentos de oportunidade", para a realização de retrofits

Tabela 2. Método para classificar MEEs em função do custo.

A Tabela 3 apresenta alguns exemplos de MEEs comumente identificadas, com referências de custos de investimento, economias e payback.

Os custos de materiais e equipamentos apresentados, bem como as economias estimadas, são simbólicos e não devem ser considerados para futuros orçamentos, pois dependem de fatores como época da cotação, fabricante, localização geográfica, tarifa vigente e especificidades de cada edifício.

Este guia não tem a intenção de apresentar uma lista exaustiva de MEEs, mas apenas elucidar alguns exemplos.

Avaliação técnica

Antes de ser selecionada para compor o relatório final, cada melhoria deve ser analisada tecnicamente a fim de avaliar se sua implantação no edifício faz sentido do ponto de vista técnico. É importante envolver o gestor do edifício durante o processo para evitar a sugestão de medidas que não se apliquem ao prédio ou que já foram previamente descartadas por algum motivo.

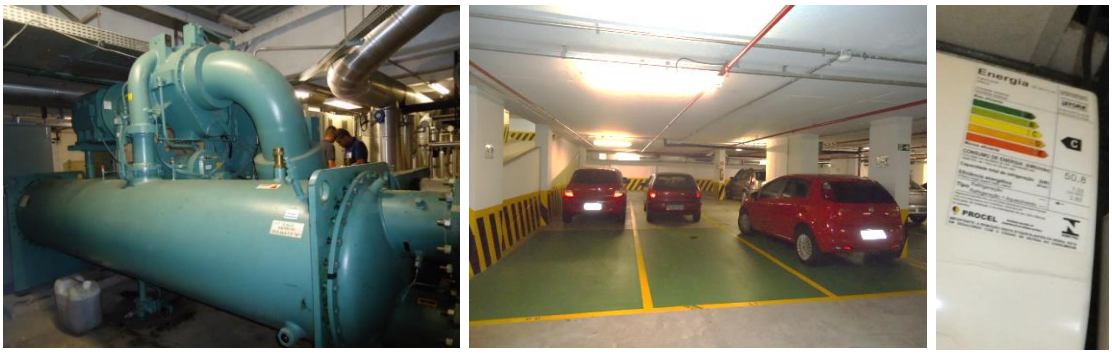


Figura 9. Imagens típicas de uma auditoria: chiller de uma CAG, iluminação no subsolo, split nível C.. Foto: Mitsidi.

Tabela 3. Exemplo de tabela de MEEs, com indicação simbólica de custos e economias.

Medida	Categoria	Custo inicial (R$)	Economia anual (R$/ano)	Payback
Reduzir demanda contratada em 600 kW	Gestão	Zero	R$ 137.860	Imediato
Desligar Central de Água Gelada aos domingos	Estratégia operacional	Zero	R$ 92.000	Imediato
Campanha de sensibilização para desligamento correto de computadores	Elétrico e tomadas	Zero	R$ 13.600	Imediato
Aumentar setpoint de temperatura nos CPDs	CPD	Zero	R$ 8.800	Imediato
Reduzir iluminação em subsolos desocupados	Estratégia operacional	Zero	R$ 5.000	Imediato
Recomendação de boas práticas de ar condicionado aos usuários	Conscientização dos usuários	Zero	Benefícios não-financeiros e difíceis de estimar	Imediato
Instalar sensores de CO para controlar a exaustão dos subsolos	Ventilação subsolos	R$ 6.800	R$ 3.600	2 anos
Trocar splits nível C por nível A nos CPDs	AVAC**	R$ 14.000	Até R$ 29.800	6 meses
Substituir lâmpadas T8 de 32W por LEDs de 10W	Iluminação	R$ 32.180	R$ 19.700	1 ano e 7 meses
Automação das torres de resfriamento com VFDs*	AVAC**	R$ 38.000	R$ 20.000	1 ano e 10 meses
Instalar películas de controle solar	Fachada	R$ 48.000	Até R$ 12.000	4 anos e 1 mês
Geração fotovoltaica	Outros	R$ 980.000	R$ 108.000	9 anos

** VFDs = variadores de frequência*

*** AVAC = aquecimento, ventilação e ar condicionado*

Avaliação financeira

A aprovação e implantação das medidas depende, em grande parte, de sua viabilidade financeira. Por isso, é muito importante realizar essa avaliação antes de apresentá-las ao cliente, diretor, proprietário ou outro tomador de decisão.

A avaliação financeira deve levar em conta o custo inicial de investimento bem como as economias esperadas, considerando o tempo de vida útil da medida. Há quatro formas de avaliação que são mais usadas, dependendo dos critérios do cliente e do projeto.

Payback simples. Esta é a análise mais comum e mais fácil de calcular, e que geralmente é utilizada em diagnósticos energéticos de nível 1 ou 2. No entanto, ela não considera o valor do dinheiro no tempo, nem a vida útil dos equipamentos. Por isso, para paybacks mais longos, acima de 3 anos, recomenda-se utilizar uma das outras opções.

$$\boldsymbol{Payback\ simples}\ [meses] = \frac{\boldsymbol{Custo\ inicial}\ [R\$]}{\boldsymbol{Economia\ mensal}\ [R\$/mês]}$$

VPL. O valor presente líquido é um cálculo que considera o custo inicial e o ganho anual de uma medida, durante um período determinado (vida útil), aplicando-se uma determinada taxa de desconto. É utilizado para avaliar a viabilidade levando em conta o valor do dinheiro no tempo. Usando a taxa mínima de atratividade (TMA) do cliente, se o VPL for positivo, a medida é considerada viável.

$$\text{VPL} = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0$$

CF_t = Alteração em fluxo de caixa anual
CF_0 = Alteração em fluxo de caixa no primeiro ano (investimento)
k = taxa de desconto
n = número de anos de vida útil
t = tempo

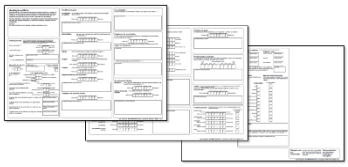
TIR. A taxa interna de retorno é usada para comparar o retorno financeiro de uma MEE com o de um outro investimento atrativo para o cliente (TMA). Matematicamente, é a taxa de desconto para a qual o VPL é zero. O TIR é muito utilizado nas empresas para tomar decisões de investimentos. A medida é considerada viável se seu TIR for maior que a TMA.

Tanto o VPL quanto o TIR podem ser calculados no Excel usando os comandos VPL e TIR.

Custo de ciclo de vida. Pouco usada no Brasil, a análise de custo de ciclo de vida compara diferentes medidas entre si, considerando o custo total da vida útil delas, incluindo futuro descarte ou substituição.

Satisfação de usuários

O desempenho energético de um edifício está intrinsicamente relacionado ao serviço prestado por ele aos seus usuários. Por exemplo, um prédio que apresenta um baixo consumo energético no benchmarking pode ter de fato uma gestão eficiente, ou pode estar com sistema de ar condicionado subdimensionado, deixando os ocupantes sempre com calor. Por outro lado, um edifício pode aparentar menos eficiente que outro na avaliação energética, mas oferecer um ambiente de trabalho de mais alta qualidade, o que demanda um consumo adicional.



Por isso, a avaliação energética é insuficiente se não for levada em consideração a satisfação dos ocupantes. Uma forma de averiguar a qualidade ambiental de um edifício é através de questionários de conforto, que podem ser distribuídos em papel ou aplicados de forma digital. Podem ser feitas perguntas sobre itens como temperatura, qualidade do ar, ruído, iluminação, saúde e produtividade.

É importante frisar que tal pesquisa não tem por objetivo criticar a equipe de gestão predial. Pelo contrário, sua meta é dar a oportunidade à equipe de gestão para ouvir os usuários e melhorar as condições de trabalho deles.

Através de programas gratuitos na internet, uma nuvem de palavras pode ser criada a partir dos comentários feitos pelos usuários para identificar aspectos a serem investigados (positiva ou negativamente).

Figura 10. Exemplo de nuvem de palavras usada na avaliação de satisfação de um edifício. Fonte: Mitsidi Projetos, 2015.

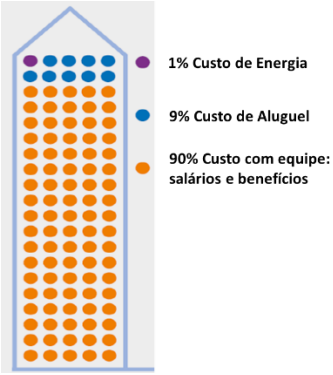


Figura 11. Custos globais de um edifício típico. Fonte: ARUP BUS Methodology Partner Training, 2015.

As conclusões sobre o conforto devem ser incluídas no relatório de diagnóstico energético. Além disso, podem ser sugeridas melhorias que não têm ganho financeiro imediato, mas trazem benefícios indiretos ao edifício.

De um ponto de vista financeiro, faz sentido falar em satisfação dos usuários quando se leva em conta que isso tem grande influência sobre a produtividade dos funcionários das empresas, e que num prédio de escritórios típico, 90% dos custos totais do edifício são referentes às pessoas (salários e benefícios), enquanto apenas 1% representa a conta de energia.

Relatório de diagnóstico energético

O relatório de diagnóstico energético deve informar claramente ao leitor as informações que ele precisa saber para tomar decisões sobre o desempenho energético do edifício. Portanto, deve ser claro, conciso, objetivo e visualmente bem apresentado.

Em geral, o relatório pode ser estruturado conforme o modelo a seguir, proposto pela ASHRAE *Procedures for Commercial Building Energy Audits, Second Edition*.

Resumo Executivo

- Contexto do projeto e escopo
- Tabela resumo de MEEs
- Gráfico de benchmarking

1. **Informações Básicas**
   - Informações de contato
   - Escopo da auditoria e metodologia usada
   - Descrição do local e do edifício
   - Histórico de consumo e gastos energéticos
   - Resultados detalhados do benchmarking
   - Resultados da análise de consumo por uso final

2. **Descrição dos sistemas prediais**
   - Dados de ocupação
   - Envoltória
   - Sistemas de iluminação
   - Sistemas mecânicos
   - Segurança, supervisão e operação
   - Fotografias

3. **Medidas de eficiência energética**
   - Medidas de zero e baixo custo
   - Medidas com investimentos significativos
   - Medidas sobre energias renováveis e geração distribuída
   - Medidas de operação e manutenção
   - Impactos externos sobre a viabilidade financeira (ex: programas de incentivo)

4. **Informações adicionais**
   - Análises
   - Dados de medições ou resultados de monitoramentos
   - Informações de fabricantes
   - Plantas e desenhos
   - Especificações e detalhes

É boa prática realizar uma reunião de apresentação do relatório, em que o auditor demonstra os resultados obtidos, as medidas sugeridas e as economias esperadas, e o responsável pelo edifício tem a oportunidade de colocar suas perguntas e preocupações. Algumas informações podem ser revisadas ou adicionadas ao relatório ao longo da reunião. O objetivo final é que as medidas sugeridas estejam claras e que, com ajuda do consultor, o cliente sinta que tem informações suficientes para tomar decisões sobre quais deve implantar.

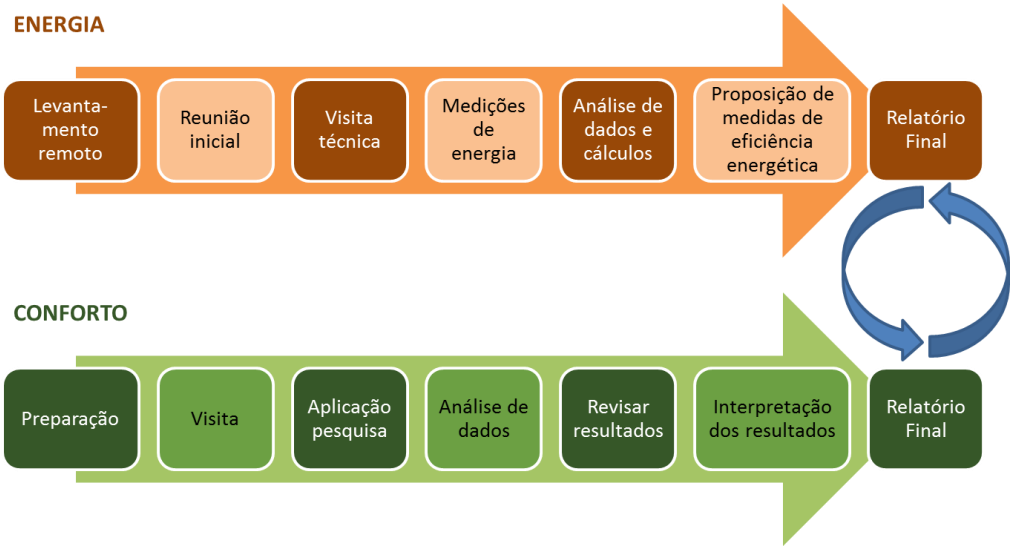


Figura 12. Resumo do processo de avaliação global de desempenho de edificações, incluindo diagnóstico energético e de conforto, resultando no Relatório Final. Fonte: Mitsidi Projeto, 2016.

Desafios

Este capítulo visa expor situações que representam desafios comuns encontrados em diagnósticos e em projetos de eficiência energética em edifícios, e trazer sugestões para solucioná-los.

Falta de pessoas capacitadas

Em prédios menos preparados, é comum que a equipe de operação do edifício saiba bem como funcionam os equipamentos mas tenha muito pouco conhecimento sobre como operar os sistemas de forma eficiente. Nesses casos, encontram-se situações como sistemas de automação operando de forma totalmente manual; variadores de frequência travados numa frequência fixa (geralmente a máxima, 60 Hz); pouca análise crítica para buscar problemas e soluções na operação. É comum, nessas situações, receber diversas respostas divergentes às mesmas perguntas sobre o edifício, dificultando a investigação energética.

Em geral, há sistemas prediais cada vez mais complexos no mercado e uma defasagem em relação ao treinamento recebido pelos operadores dos edifícios. Esse desafio poderá ser combatido por meio de programas de capacitação para gestores e operadores prediais.

Implementação de medidas

A transição do diagnóstico para uma efetiva implantação das MEEs é um grande desafio. Há muitos relatórios que são engavetados sem as ações propostas, geralmente por falta de tempo, foco ou recursos financeiros. Quando isso ocorre, todo o trabalho e recursos investidos no diagnóstico energético terão sido perdidos.

É possível contratar empresas de consultoria que fazem a gestão energética do edifício e gerenciam a implantação de MEEs. Por vezes, o próprio auditor oferece esse serviço. Cabe ao gestor predial identificar a sua limitação de tempo ou excesso de atividades e reconhecer a necessidade de terceirizar essa gestão, ciente de que isso não representa uma fraqueza de sua parte, mas, pelo contrário, uma parceria por ele promovida que trará benefícios ao prédio sob sua gestão.

Não-atendimento a normas de qualidade ambiental interna

É possível encontrar edifícios que não atendem itens obrigatórios como, por exemplo, legislação de taxa mínima de renovação de ar, normas de luminosidade mínima em ambientes de trabalho, ou condições mínimas de conforto térmico.

Nesses casos, o consultor tem a responsabilidade de alertar o gestor predial sobre a possibilidade de haver descumprimento de normas que, adicionalmente, causam riscos aos usuários e até mesmo multas.

Financiamento de MEEs

É comum as medidas propostas não serem implementadas, mesmo aquelas com payback baixo e TIR atrativo, devido ao custo, ou seja, a uma decisão empresarial de investir os recursos financeiros disponíveis para outras finalidades.

Existem algumas linhas de financiamento disponíveis para ajudar projetos de eficiência energética a sair do papel, tais como as seguintes:

- **Programa de Eficiência Energética (PEE)** da ANEEL, que seleciona projetos para financiar através de chamadas públicas pelas concessionárias de eletricidade, com base no retorno esperado dos projetos.
- **BNDES Eficiência Energética**, para grandes projetos (valor mínimo de R$ 5 milhões) focados em ar condicionado, iluminação, cogeração e geração distribuída
- **DesenvolveSP** da Agência de Desenvolvimento Paulista, para projetos em São Paulo de energias renováveis e eficiência energética em edificações
- **AgeRio** da Agência Estadual de Fomento do RJ, para projetos grandes (mínimo R$ 20 milhões) de eficiência energética no Rio de Janeiro

Split incentives

Em edifícios multiusuários, ou edifícios monousuários em que o proprietário não é o usuário, há um problema de conflito de interesses que se torna uma barreira à implantação de MEEs: os ocupantes não querem custear melhorias para um edifício do qual não são donos, e os proprietários não querem investir em MEEs pois o benefício financeiro direto será todo dos ocupantes, que pagam a conta de luz.

Nos casos dessas melhorias que beneficiarão os locatários, porém com investimento dos proprietários ou administradores, existem mecanismos que permitem compartilhar os custos e/ou os benefícios, assim tornando atrativas as ações de melhoria para todos os envolvidos. Chamam-se *split incentives*, e podem ser realizados através de cláusulas especiais em documentos de locação, acordos pontuais e outras ferramentas.

Recursos disponíveis

Softwares

Existem softwares para auxiliar na execução de diagnósticos energéticos, tais como o BluePrint, que será disponibilizado gratuitamente através do portal do Procel.

A ferramenta padroniza a visita técnica, organiza o registro de dados levantados, automatiza os cálculos de separação de consumos por uso final, gera o gráfico de benchmarking do edifício, propõe e calcula medidas de eficiência energética e permite a exportação para relatório em Word.

É importante frisar, contudo, que o software não substitui o consultor ou auditor, sendo a experiência, conhecimento técnico, observação e capacidade analítica deste condições necessárias para a qualidade do diagnóstico.

Figura 13. Logo e página inicial do software de diagnósticos energéticos, BluePrint.

Benchmarking

O **benchmarking energético de edificações brasileiras** está sendo desenvolvido pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), em parceria com o Procel / Eletrobras, através do projeto DEO (Desempenho Energético Operacional em Edificações).

Já estão disponíveis plataformas gratuitas online para benchmarking de **agências bancárias** e de **edifícios corporativos**, através do seguinte link: http://benchmarkingenergia.cbcs.org.br.

Está em andamento, em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) o desenvolvimento do benchmarking para **prédios públicos** administrativos, que poderá ser acessado através do mesmo link.

Espera-se desenvolver benchmarks para diversos outros tipos de edifícios ao longo dos próximos anos, contribuindo à transparência e à busca pela eficiência energética.

Referências principais

ABNT NBR ISO 50.001:2011. *Sistemas de gestão da energia*. Brasil, 2011.

ABNT NBR ISO 50.002:2014. *Diagnósticos energéticos*. Brasil, 2014.

ASHRAE. *Procedures for Commercial Building Energy Audits, Second Edition*. Atlanta, 2011.

Carbon Trust. *Energy Surveys*. Londres, 2011.

CBCS. *Desempenho Energético Operacional em Edificações (DEO).* Disponível em: www.cbcs.org.br/deo

CBCS. *Plataforma de cálculo: BENCHMARKING.* Disponível em: benchmarkingenergia.cbcs.org.br

CIBSE. *Guide F: Energy Efficiency in Buildings, Third Edition*. Londres, 2012.

International Energy Agency (IEA). *Source Book for Energy Auditors, Volume 1*. Estocolmo, 1987.

MMA. *Benchmark de consumo energético de edifícios.* Disponível em: http://www.mma.gov.br/clima/energia/projetos/item/10477

MME e CEPEL. *Guia para eficiência energética nas edificações públicas.* Rio de Janeiro, 2015.